実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

●実用技術編

第10章　回路シミュレータ SPICE 入門（26）

2 SD 669 A で EL 34 のカソードを電流駆動する

10月号の OPA 604 ドライブ EL 34 パワー・アンプ（第1図）は比較的シンプルですが，つぎの欠点があります．

(1)　−35 V の安定化電源に3端子レギュレータが使えない．

(2)　裸の周波数特性が悪い（第2図）．

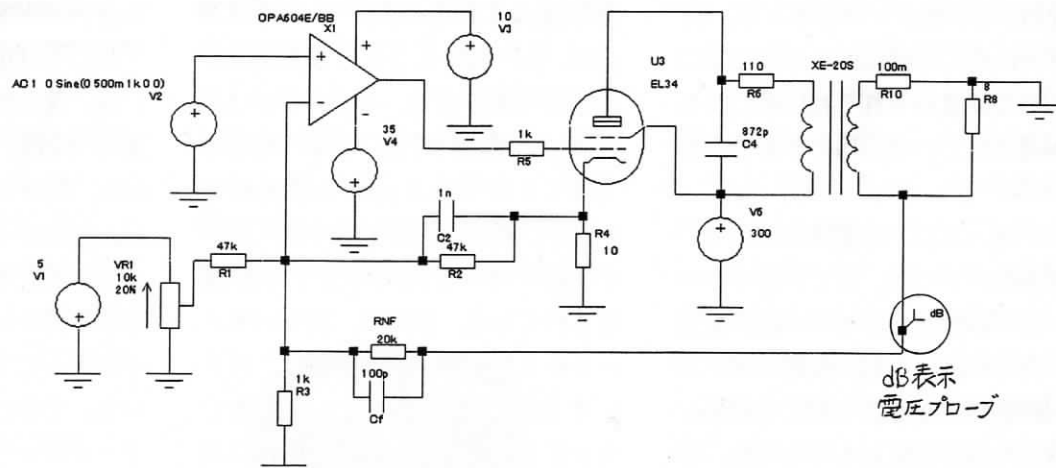
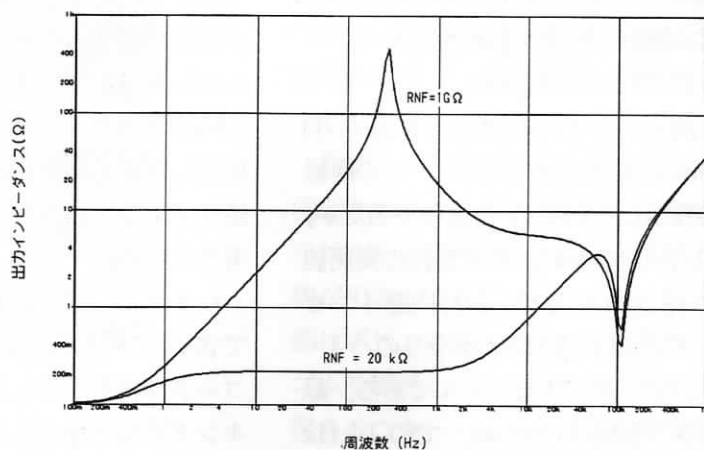
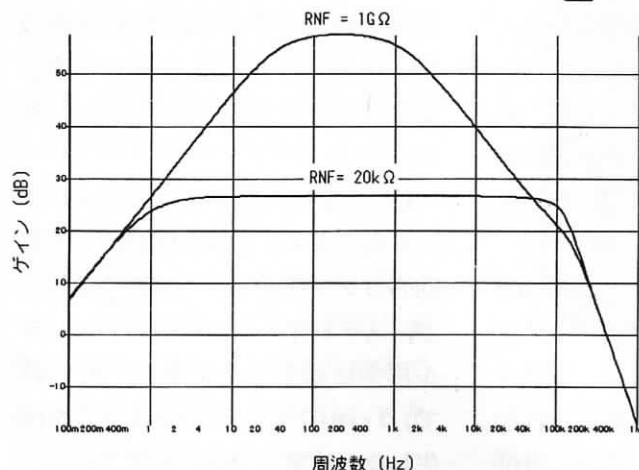
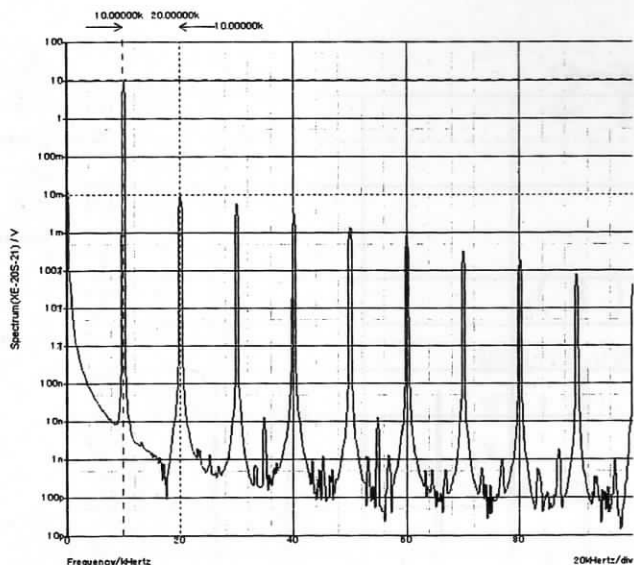
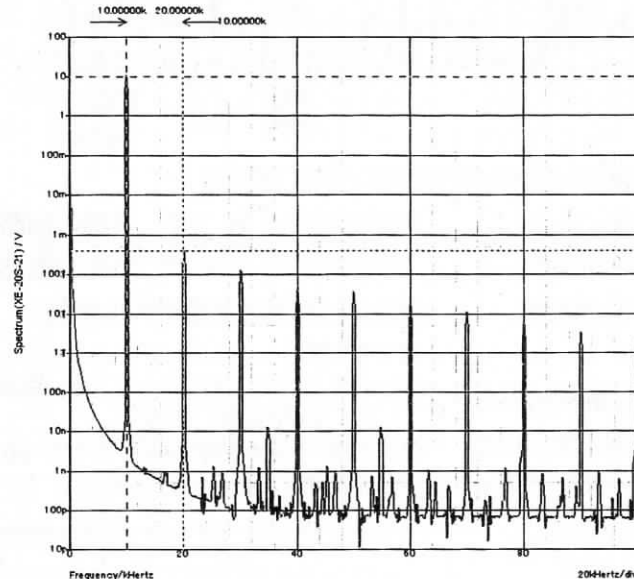
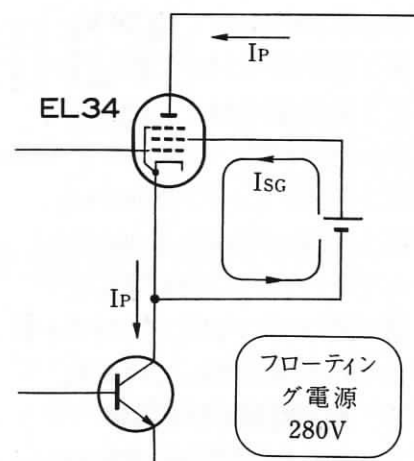
(3)　出力インピーダンスの周波数特性が悪い（第3図）．

第4図は，2 SD 669 A を追加してこれらの欠点を除去したアンプです．これは EL 34 のカソードを定電流ドライブするものです．あるいは出力トランジスタ 2 SD 669 A に EL 34 をカスコード接続した回路と解釈することもできます．

いずれにしても出力インピーダンスが非常に高くなるので，出力トランスの2次側から電圧負帰還をかけます．

(1)　EL 34 のカソード電流

2 SD 669 A のエミッタから，OPA 604 の反転入力に R_2 を介し

〈第1図〉▶ 2004年10月号に掲載したEL-34シングル・アンプ回路

▼〈第2図〉 第1図のアンプの周波数特性

〈第3図〉第1図アンプの出力インピーダンス特性

〈第 10 図〉
第 5 図のアンプの FFT 解析結果

〈第 12 図〉
スクリーン・グリッド電圧を第 11 図のフローティング式に変更したときの出力電圧の FFT 解析結果

〈第 11 図〉 EL-34 の K〜SG 間にフローティング電圧源を挿入する

す．

さらに低ひずみに

(1) スクリーン・グリッド供給電圧をフローティングして，超低ひずみ率を得る

第 5 図のパワー・アンプのひずみは，EL 34 のスクリーン・グリッド電流とプレート電流の比が信号とともに変化するために生じたものです ((10-75) 式参照)．

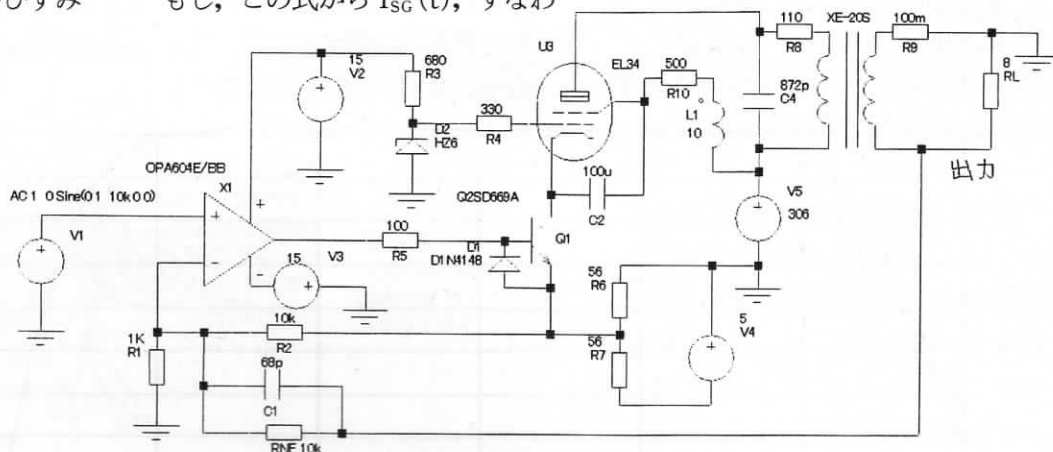
ここで，2 SD 669 A のエミッタ電流に着目してください．**第 4 図**から明らかなように，エミッタからオペアンプの反転入力に強度の電流帰還がかかっています．したがって，エミッタ電流 I_E のひずみ率は極小です．ここで，**第 4 図**の回路の EL 34 のプレート電流 I_P は次式で与えられます．

$$I_P(t) \approx I_E(t) - I_{SG}(t) \quad \cdots\cdots (10\text{-}76)$$

もし，この式から $I_{SG}(t)$，すなわちスクリーン・グリッド電流を除去できたならば，

$$I_P(t) \approx I_E(t) \quad \cdots\cdots (10\text{-}77)$$

となるので，EL 34 のプレート電流のひずみ率も極小になるはずです．こんなことが可能でしょうか？ それはいろいろな方法で可能です．たとえばスクリーン・グリッド電流を検出し，それを電流源でプレート電流に加算すれば，トランスの 1 次側コイルに流れる電流は，ほぼエミッタ電流 I_E に等しくなります．

しかし，もっと簡単な方法があります．**第 11 図**のようにフローティング電源でスクリーン・グリッド電圧を供給すればよいのです．回路を**第 11 図**に変更したときのパワー・アンプ出力電圧の FFT 解析結果を，**第 12 図**に示します．

〈第 13 図〉 スクリーン電圧をフローティングした超低ひずみ率 EL-34 シングル・アンプの最終回路

基本波(10 kHz)：10.26 V

第2調波(20 kHz)：397 μV

第3調波(30 kHz)：126 μV

となっています．すなわち，

- 第2調波ひずみ率＝0.0039%
- 第3調波ひずみ率＝0.0012%

とシミュレーションされました．

第5図のアンプに比べ，ひずみ率が1/25〜1/30に減っています．

(2) 実用回路のひずみ率

フローティング電源は実装がたいへんなので，それと等価な実用回路を**第13図**に示します．チョーク・コイル L_1＝10 H でスクリーン・グリッドを交流的に306 V電源から開放し，C_2＝100 μF でスクリーン・グリッド〜カソード間を交流的に短絡しています．したがって，EL 34のプレート電流と2 SD 669 Aのエミッタ電流の関係は近似的に，

$$I_P(t) \approx I_E(t) - I_{SG(DC)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (10\text{-}78)$$

となります．R_{10}＝500 Ω は L_1 と C_2 の共振回路のQをダンプします．R_{10} は L_1 の巻線抵抗で代用できます．

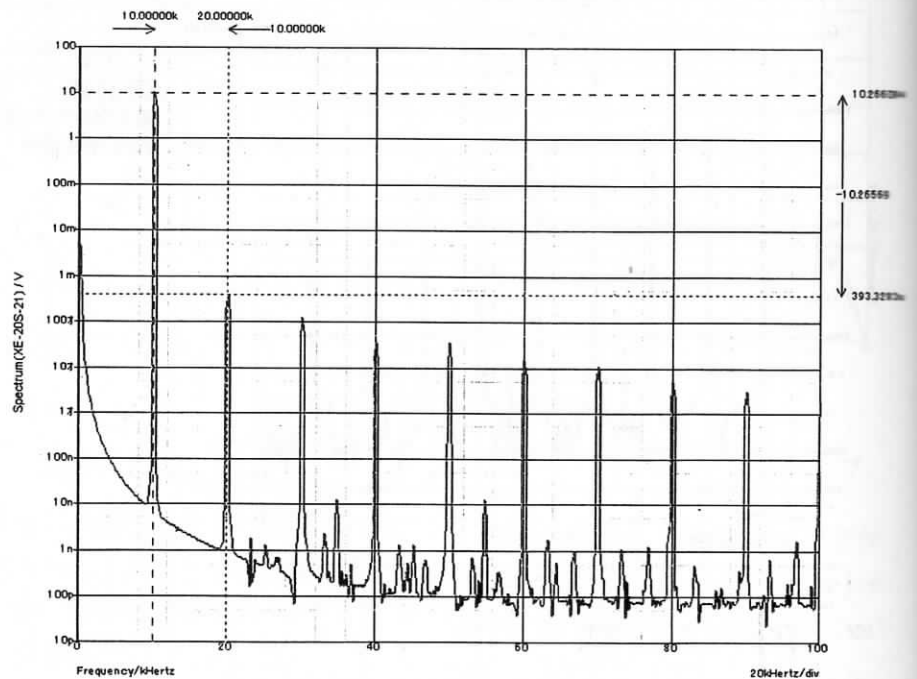
第13図の回路のFFT解析結果を**第14図**に示します．フローティング電源を用いたときの解析結果(**第12図**)とほとんど同じです．すなわち，**第14図**は，

基本波(10 kHz)：10.26 V

第2調波(20 kHz)：393 μV

第3調波(30 kHz)：123 μV

となっています．したがって，ひずみ率は以下のとおりです．

- 第2調波ひずみ率＝0.0039%
- 第3調波ひずみ率＝0.0012%

〈第14図〉第13図の回路の出力電圧のFFT解析結果

(3) 周波数特性

第13図の回路のAC解析結果を**第15図**に示します．R_{10} を100 Ωにすると5 Hz付近に大きなディップが生じます．R_{10}＝500 Ωの場合の周波数特性は，**第7図**と区別がつきません．

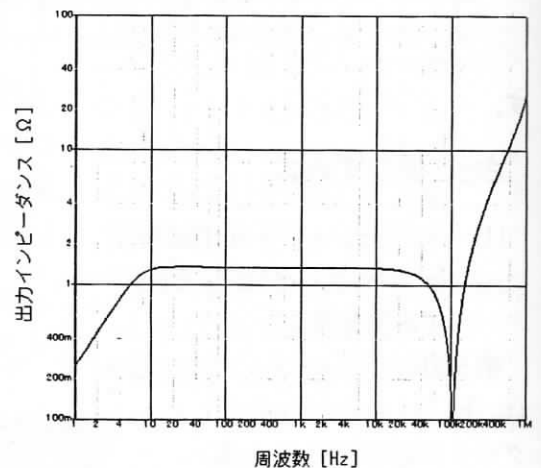
(4) 出力インピーダンス

出力インピーダンス対周波数特性を**第16図**に示します．10 Hz〜20 kHz間は約1.3 Ωです．ダンピング・ファクタは約6で，真空管アンプとして標準的な値でしょう．

なお，2 SD 669 Aの消費電力は約2.2 Wです．実際の回路では熱抵抗＝15℃/W程度の放熱器を取り付ける必要があります．

◆参考文献

(1) 拙著「はじめてのトランジスタ回路設計」，CQ出版㈱，1999年．

(2) 拙稿，ラジオ技術2004年2月号，pp. 157-161．

▲〈第16図〉第13図のアンプの出力インピーダンス特性

◀〈第15図〉第13図のアンプの周波数特性